

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-281405

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl. G02B 21/36

(21)Application number : 08-095377 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

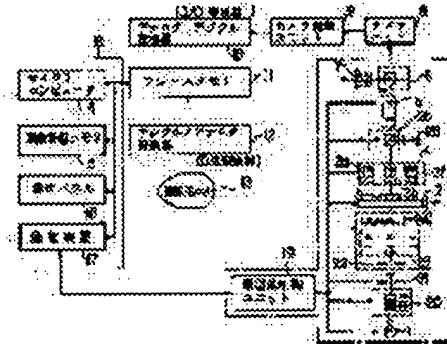
(22)Date of filing : 17.04.1996 (72)Inventor : YAMADA TATSUYOSHI

(54) MICROSCOPIC SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily form a high-definition microscopic image having the wide angle of view without using a special high-resolution image pickup element and an optical system by connecting plural stored images by a sticking means.

SOLUTION: The center coordinates of respective small sections are calculated in order from the left upper corner of a specified sample range, and a microscope control unit 19 is informed of the center coordinates from a communication device 17. A sample stage 2 is driven from the unit 19 so as to align the center coordinates of the small section with an observation optical axis. The small section being the visual field range is photographed by a camera head 8 at this time, and the image data is transferred to a frame memory 11 and further stored in an image information memory 15. A microcomputer 14 changes processing for sticking the images according to whether the microscopic image is an erect image or an inverted image. Thus, the microscopic image having the wide angle of view or high resolution is formed by the sticking means whether it is the erect image or the inverted image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.04.2003

Partial translation of Japanese Patent application

Japanese Patent Application, Published No. H09-281405

[0010] According to the present invention, a view-field controlling means brings, into a view-field, one of small sections into which an entire image-generation area of concern is divided and an image capturing apparatus captures an image picture of the small section to store the image picture into an image accumulation means. With respect to the manner of dividing the entire image-generation area into the small sections, it is desirable to define each area of the small sections so as to overlap with each of the sections neighboring in X- and Y-axis directions. A combing means sorts and connects a plurality of the small-section image pictures stored in the image accumulation means to generate a wide view-field microscopic image picture.

[0023] It becomes necessary to calculate and obtain a magnification selected for capturing each image picture and a distance of a specimen-stage 2 reposition selected for capturing each of the plurality of the image pictures in the step of constructing an entire image picture of a specimen. Various conditions assumed for deriving these control parameters are listed in (1) to (5) below.

(1) A revolver 4 is assumed to hold 6 object lens assemblies of which the magnifications are 1.25 x, 2 x, 4 x, 10 x, 20 x, and 40 x.

(2) The magnification of a zooming lens assembly 5 is variable and assumed to controlled and set to any of the 0.01 x interval levels lying within the magnification range between 1.00 x and 2.50 x.

(3) A solid-phase image-sensing device (CMD: charge modulated device) mounted inside of a camera head 8 is assumed to have 1920 effective image-sensing elements horizontally (in X-axis direction) (hereafter called IMNx) and 1035 effective image-sensing elements vertically (in Y-axis direction) (hereafter called IMNy) within its light-sensitive area of 14.02 mm long horizontally (hereafter called IMLx) and 7.56 mm long vertically (hereafter called IMLy).

[0024]

(4) Stage resolutions are assumed to be $\pm 2 \mu\text{m}$ for either X- or Y-axis direction (hereafter called RSLx and RSLy respectively) with its X-Y origin assumed to be at the top-left corner of the associated slide-preparation.

[0025]

(5) The number of image-sensing elements allocated for the overlapping border regions defined for ensuring reliable section-to-section connection of image pictures is assumed to be set to 80 elements in either X- or Y-axis direction (hereafter called OVNx and OVNy).

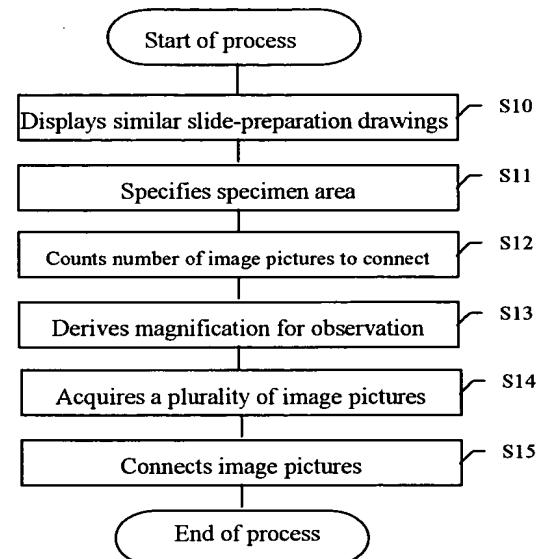
[0026]

Above described conditional settings are stored in a non-volatile memory, not shown in any drawing, provided on a peripheral circuit of the microcomputer 14. This ensures these settings are retained unchanged by turning off the power supply while they can be revised freely by inputting desired values from the operation panel 16.

[Fig. 4]

- (a) Point A (X_a, Y_a)
Specified area for a specimen
- Point B (X_b, Y_b)
- (b) Small section
- (c) Overlapping border regions

[Fig. 3]



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-281405

(43)公開日 平成9年(1997)10月31日

(51)Int.Cl.⁸
G 0 2 B 21/36

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 2 B 21/36

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全16頁)

(21)出願番号 特願平8-95377

(22)出願日 平成8年(1996)4月17日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 山田 達喜

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

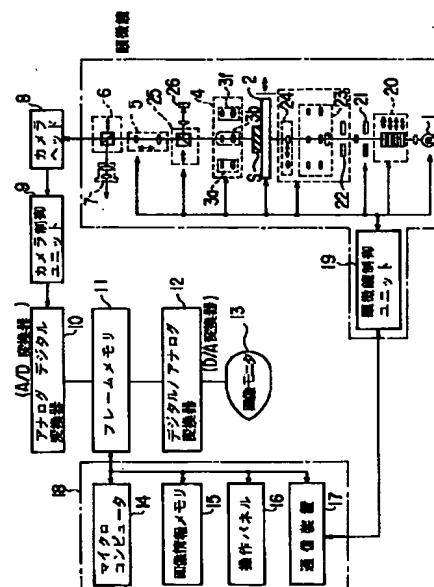
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】顕微鏡システム

(57)【要約】

【課題】特別な撮像素子ならびに光学系を用いずに、高
精彩及び広画角な顕微鏡画像を容易に形成すること。

【解決手段】標本範囲を複数の小区画に分割して小区画
を入力可能な観察倍率とを決める手段と、顕微鏡の観察
倍率が小区画を入力可能な観察倍率に設定されるように
変倍制御手段19に対して制御指令を与える手段と、ス
テージ2を小区画の撮影が可能な位置へ移動させるため
の制御データを全小区画について作成して当該制御データ
をステージ制御手段19に対して制御指令として与え
る手段と、画像蓄積手段15から各小区画の画像情報を
取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に
分割して入力した標本範囲を一枚の画像に形成する貼り
合せ手段14とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 頸微鏡と、この頸微鏡で得られた頸微鏡観察像を撮像する画像入力装置と、この画像入力装置で取り込まれた画像情報を蓄積する画像蓄積手段と、前記画像入力装置で取り込まれた画像情報を表示可能な表示手段と、前記頸微鏡の観察倍率を変更する変倍制御手段と、観察視野を調節するために光軸に対して直交する方向に標本と対物レンズとを相対的に移動させる視野調節手段と、前記変倍制御手段及び前記視野調節手段に制御指令を与える演算手段とを備えた頸微鏡システムであり、

前記演算手段は、

一枚の標本画像として表示することが要求されている標本範囲を複数の小区画に分割して該分割数から貼り合せ枚数と小区画を入力可能な観察倍率とを決める手段と、前記頸微鏡の観察倍率が小区画を入力可能な観察倍率に設定されるように前記変倍制御手段に対して制御指令を与える手段と、

前記観察視野を小区画の撮影が可能になるように調節するための制御データを全小区画について作成して当該制御データを前記視野調節手段に対して制御指令として与える手段と、

前記画像蓄積手段から前記各小区画の画像情報を取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に分割して入力した前記標本範囲を一枚の画像に形成する貼り合せ手段と、を備えることを特徴とする頸微鏡システム。

【請求項2】 頸微鏡と、この頸微鏡で得られた頸微鏡観察像を撮像する画像入力装置と、この画像入力装置で取り込まれた画像情報を蓄積する画像蓄積手段と、前記画像入力装置で取り込まれた画像情報を表示可能な表示手段と、前記頸微鏡の観察倍率を変更する変倍制御手段と、観察視野を調節するために光軸に対して直交する方向に標本と対物レンズとを相対的に移動させる視野調節手段と、前記変倍制御手段及び前記視野調節手段に制御指令を与える演算手段とを備えた頸微鏡システムであり、

前記演算手段は、

ある観察倍率の観察範囲を小区画に分割し、該小区画を入力可能な観察倍率が前記頸微鏡で使用可能な最大倍率を越えるまで分割を繰り返し、前記最大倍率を越える直前の小区画数を最大貼り合せ枚数に決定する手段と、最小貼り合せ枚数から最大貼り合せ枚数の間で貼り合せ枚数を選択して該選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率を求める手段と、

前記頸微鏡の観察倍率が選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率に設定されるように前記変倍制御手段に対して制御指令を与える手段と、

前記観察視野を小区画の撮影が可能になるように調節するための制御データを前記選択貼り合せ枚数に応じた全小区画について作成して当該制御データを前記視野調節

手段に対して制御指令として与える手段と、

前記画像蓄積手段から前記各小区画の画像情報を取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に分割して入力した前記観察範囲を一枚の画像に形成する貼り合せ手段と、を備えることを特徴とする頸微鏡システム。

【請求項3】 請求項1又は請求項2記載の頸微鏡システムにおいて、

標本と対物レンズとの光軸方向の間隔距離を変化させるように対物レンズまたは標本ステージを駆動する合焦調節手段と、

前記合焦調節手段に対して合焦調節手段で検出された合焦位置へ移動するように指令を与える合焦制御手段とを備えたことを特徴とする頸微鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、頸微鏡画像情報を入力し、該画像情報を処理して高解像度及び広画角な画像を形成する頸微鏡装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 頸微鏡を用いて標本を観察する場合、一度に観察できる範囲は主に対物レンズの倍率によって決定されるが、対物レンズが高倍率になると観察範囲は標本のごく一部分に限られてくる。一方で、例えば細胞診、組織診といった病理診断においては、診断箇所の見落としを防止するために標本全体像を把握したいという要請がある。また、情報処理技術の発達により上記病理診断においても画像の電子情報化が促進されており、カメラを介して取り込む頸微鏡観察像についても旧来の銀塩フィルム並の高解像度を実現したいという要請がある。

【0003】 これまで、高解像度または広画角の画像を入力するための種々の方法が開発されている。第1の例は、頸微鏡とは別光学系で別途マクロ装置を備える方法である。マクロ装置により広画角で画像を入力し標本全体像を取得しようとするものである。第2の例は、画像合成による標本全体像を再構成する方法である。例えば、特開平5-313071号公報には所望する観察範囲を複数の小区画に分割し、各小区画の入力画像を入力位置に対応して整列配置することにより標本全体像を形成する静止画像伝送装置が開示されている。第3の例は、高解像度の撮像素子により高解像画像を形成する方法である。撮像素子の単位面積あたりの画素数を増やすことにより撮像素子自体の解像度を上げることができるので、高解像度画像を得ることができる。つまり、1つ当たりの画素の小面積化を図り、高密度化もしくは高集積化することにより、従来の素子チップ面積で画素数を多くするものである。第4の例は、複数個の撮像素子を使用することにより高解像画像を形成する方法である。例えば、特開昭60-248079号公報には相対的な位置関係が既知な複数の撮像素子から得られた画像情報

を合成することにより高解像度の画像を形成する撮像装置が開示されている。また、特開平6-141246号公報には複数個の撮像素子を互いに一部のエリアが重なるように配置し、該撮像素子から入力される画像データをオーバラップ領域を利用して貼り合わせを行うことにより、高解像画像を形成している撮像装置が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来技術においては、以下のような問題点がある。第1の例では、顕微鏡とは別の光学系であるマクロ装置を使用するため、装置全体が大型化すると共に、観察する範囲に応じて標本の乗せ換え作業が必要になるため作業性が悪くなる。しかも、顕微鏡とマクロ装置という別系統の光学系でそれぞれ画像を取得した場合、標本の色情報が異なるという問題がある。

【0005】第2の例では、複数の小区画での画像を単純に整列表示をしているだけであり、撮像素子のピッチ、ステージ分解能、対物レンズの分解能、光学系の収差といった種々の条件による画像の欠落、重複といったことが考慮されておらず、これらの要因から得られた画像が不連続な画像となる可能性があった。

【0006】第3の例では、高度な製造技術が要求され、撮像素子チップ内に欠陥画素が発生する割合が高くなり歩留り著しく低下するばかりでなく、高コストとなってしまう。また、入力する画像の画素数は撮像素子に依存するため、撮像素子の性能以上の画素数の入力は不可能である。

【0007】第4の例では、解像度を上げるために用いる複数の撮像素子の位置決め精度がそのまま画質に影響するため、位置決め装置を導入して時間をかけて精度出しを行わなければならず、高コスト化及び作業性の低下といった問題がある。

【0008】本発明は、以上のような実情に鑑みて成されたもので、通常の光学顕微鏡を使用したものでありながら、特別に高解像度の撮像素子並びに光学系を使用することなく、高精彩、広画角な顕微鏡画像を形成することのできる顕微鏡システムを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために以下のような手段を講じた。請求項1に対応する本発明は、顕微鏡と、この顕微鏡で得られた顕微鏡観察像を撮像する画像入力装置と、この画像入力装置で取り込まれた画像情報を蓄積する画像蓄積手段と、前記画像入力装置で取り込まれた画像情報を表示可能な表示手段と、前記顕微鏡の観察倍率を変更する変倍制御手段と、観察視野を調節するために光軸に対して直交する方向に標本と対物レンズとを相対的に移動させる視野調節手段と、前記変倍制御手段及び前記視野調節手段に制御指令を与える演算手段とを備えた顕微鏡システムであり、前記演算手段は、ある観察倍率の観察範囲を小区画に分割し、該小区画を入力可能な観察倍率が前記顕微鏡で使用可能な最大倍率を越えるまで分割を繰り返し、前記最大倍率を越える直前の小区画数を最大貼り合せ枚数に決定する手段と、最小貼り合せ枚数から最大貼り合せ枚数の間で貼り合せ枚数を選択して該選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率を求める手段と、前記顕微鏡の観察倍率が選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率に設定されるように前記変倍制御手段に対して制御指令を与える手段と、前記観察視野を小区画の撮影が可能になるように調節するための制御データを前記選択貼り合せ枚数に応じた全小区画について作成して当該制御データを前記視野調節手段に対して制御指令として与える手段と、前記画像蓄積手段から前記各小区画の画像情報を取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に分割して入力した前記観察範囲を一枚の画像に形成する貼り合せ手段ととを備える。

制御指令を与える演算手段とを備えた顕微鏡システムであり、前記演算手段は、一枚の標本画像として表示することが要求されている標本範囲を複数の小区画に分割して該分割数から貼り合せ枚数と小区画を入力可能な観察倍率とを決める手段と、前記顕微鏡の観察倍率が小区画を入力可能な観察倍率に設定されるように前記変倍制御手段に対して制御指令を与える手段と、前記観察視野を小区画の撮影が可能になるように調節するための制御データを全小区画について作成して当該制御データを前記視野調節手段に対して制御指令として与える手段と、前記画像蓄積手段から前記各小区画の画像情報を取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に分割して入力した前記標本範囲を一枚の画像に形成する貼り合せ手段とを備えて構成した。

【0010】本発明によれば、目的とする画像形成範囲を、複数の小区画に分割し、視野調節手段により該区画を観察視野内に納め、画像入力装置により画像を入力し、画像蓄積手段に該画像を格納する。画像形成範囲を複数の小区画に分割する場合、X軸方向またはY軸方向に隣接する各小区画の端部画像領域が重複するように設定することが望ましい。蓄積された複数枚の画像を貼り合わせ手段により繋ぎ合わせることにより、広画角な顕微鏡画像が形成される。

【0011】請求項2に対応する発明の顕微鏡システムは、顕微鏡と、この顕微鏡で得られた顕微鏡観察像を撮像する画像入力装置と、この画像入力装置で取り込まれた画像情報を蓄積する画像蓄積手段と、前記画像入力装置で取り込まれた画像情報を表示可能な表示手段と、前記顕微鏡の観察倍率を変更する変倍制御手段と、観察視野を調節するために光軸に対して直交する方向に標本と対物レンズとを相対的に移動させる視野調節手段と、前記変倍制御手段及び前記視野調節手段に制御指令を与える演算手段とを備えた顕微鏡システムであり、前記演算手段は、ある観察倍率の観察範囲を小区画に分割し、該小区画を入力可能な観察倍率が前記顕微鏡で使用可能な最大倍率を越えるまで分割を繰り返し、前記最大倍率を越える直前の小区画数を最大貼り合せ枚数に決定する手段と、最小貼り合せ枚数から最大貼り合せ枚数の間で貼り合せ枚数を選択して該選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率を求める手段と、前記顕微鏡の観察倍率が選択貼り合せ枚数に対応した観察倍率に設定されるように前記変倍制御手段に対して制御指令を与える手段と、前記観察視野を小区画の撮影が可能になるように調節するための制御データを前記選択貼り合せ枚数に応じた全小区画について作成して当該制御データを前記視野調節手段に対して制御指令として与える手段と、前記画像蓄積手段から前記各小区画の画像情報を取り出して画像貼り合わせ処理を実行し複数の小区画に分割して入力した前記観察範囲を一枚の画像に形成する貼り合せ手段ととを備える。

40

【0012】本発明によれば、現在観察している観察範囲を小区画に分割して、各小区画を現在の観察倍率よりも大きな観察倍率でそれぞれ入力できるので、高解像な顕微鏡画像を形成できる。

【0013】請求項3に対応する発明の顕微鏡システムは、標本と対物レンズとの光軸方向の間隔距離を変化させるように対物レンズまたは標本ステージを駆動する合焦調節手段と、前記合焦調節手段に対して合焦調節手段で検出された合焦位置へ移動するように指令を与える合焦制御手段とを備える。

【0014】本発明によれば、画像入力装置により画像を入力する際に、合焦制御手段により常にピントの合った画像を入力し、上記作用と同様の処理により、全体的にピントの合った広画角あるいは高解像な顕微鏡画像を形成できる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1には実施の形態に係る顕微鏡システムの全体構成を示している。この顕微鏡システムは、例えばハロゲンランプからなる透過照明用光源1から照明光を発生し、この照明光をコレクタレンズで集光して標本ステージ2の照明用開口部を通すことによりステージ上の標本Sを照明できるようにしている。標本ステージ2の上方に複数個の対物レンズ3a～3fをレボルバ4に保持して交換可能に配置している。レボルバ4により観察光路内の光軸上に挿入した対物レンズに入射した標本像をズームレンズ5に通して観察用ビームスプリッタ6に入射し、そこで分岐し接眼レンズ7及びカメラヘッド8にそれぞれ導かれるようにしている。以上が顕微鏡部分の基本的な光学系である。

【0016】カメラヘッド8は、例えばCMD(Charge Modulation Device)からなる固体撮像素子と、標本Sを透過した光をCMDに結像させる結像光学系とを有する。カメラヘッド8の制御を行うカメラ制御ユニット9がカメラヘッド8からのアナログ画像データをA/D変換器10に転送する。A/D変換器10は、カメラヘッド8で取り込んだ画像データをデジタル化し、フレームメモリ11に転送する。そして、フレームメモリ11に格納されたデジタル画像データは、D/A変換器12によりアナログデータ化され画像モニタ13に表示されるようにしている。

【0017】また、種々のシステム動作のためのプログラムならびに制御情報を格納するためのメモリを備えたマイクロコンピュータ14、フレームメモリ11に格納されるデジタル画像データを複数枚格納することが可能な画像メモリ15、操作パネル16、顕微鏡に対してレボルバ回転指示、ズーム変倍指示、AF制御指示、及びステージ移動指示を送出する通信装置17等からなる画像処理部18を備えている。

【0018】画像処理部18の通信装置17から上記各

種指示を受けて対応する各部を制御する顕微鏡制御ユニット19を顕微鏡側に備えている。顕微鏡には、図1に配置位置を示すように上記構成要素の他に顕微鏡制御ユニット19から制御されるものとして、透過用フィルターユニット20、透過視野絞り21、透過開口絞り22、コンデンサ光学素子ユニット23、コンデンサトップレンズユニット24、AF用ビームスプリッタ25、ピント検出用受光素子26が設けられている。

【0019】透過照明用光源1で発生した照明光をコンタレンズで集光して透過用フィルターユニット20に入射し、透過用フィルターユニット20で調整した照明光を、透過視野絞り21、透過開口絞り22、コンデンサ光学素子ユニット23、コンデンサトップレンズユニット24を介して、標本ステージ2の下方からステージ上の観察標本Sを照明する。なお、標本ステージ2は、顕微鏡制御ユニット19によって、標本Sの観察部位変更の為に光軸と直交する平面内での2次元移動、ピント合わせの為の光軸方向移動制御が行われる。また、レボルバ4は、目的とする倍率の対物レンズを観察光路内の光軸上に挿入すべく、顕微鏡制御ユニット19によって回転制御される。

【0020】標本Sを透過し対物レンズにより集光された光は、AF用ビームスプリッタ25、観察倍率を任意に調整するズームレンズ5、観察用ビームスプリッタ6を介してカメラヘッド8に導かれる。AF用ビームスプリッタ25は光路に対して着脱自在であり、AF用ビームスプリッタ25で分岐した一方の光は、結像レンズを介してピント検出用受光素子26に導かれ、AF制御用の測光演算に使用される。また、観察用ビームスプリッタ6も光路に対して着脱自在であり、観察標本Sを透過した光を接眼レンズ7、もしくはカメラヘッド8に導く。

【0021】図2は操作パネル16の具体的な構成例を示している。操作パネル16には各種スイッチ類が設けられている。後述する標本全体像を構築する第1の機能の起動を掛ける標本全体像入力スイッチ31、その他の機能を割付け可能なファンクションスイッチ32、観察光路に挿入すべき対物レンズを設定する対物レンズ切替スイッチ34a～34f、ズームレンズ5のズーム倍率を設定するズーム倍率切替スイッチ35等である。また、操作パネル16の擬似プレパラート図形33を表示する表示部にはポインティングデバイス(ここではマウスを使用する)のカーソル37を表示するようにしている。操作パネル16の上記各スイッチまたはマウス30からの指示入力をマイクロコンピュータ14へ通知する構成となっている。

【0022】次に、上記のように構成された顕微鏡システムの動作について説明する。マイクロコンピュータ14で以下に記述する内容のプログラムを実行することにより「標本全体像を構築する第1の機能」、「視野内の

画像を高解像度化する第2の機能」、「小区間の画像入力時におけるAF動作を実現する第3の機能」、「正立像か倒立像かにより画像の張り合わせ処理を変更する第4の機能」を実現している。以下、第1の機能から順番に説明する。

【0023】ここで、標本全体像を構築する過程で、画像入力時の観察倍率、複数枚の画像を入力する際の標本ステージ2の移動量を算出する必要が生じるが、これらの制御パラメータの算出に使用する各種条件は(1)～(5)のような設定になっているものとする。

(1) レボルバ4には、倍率 $1, 2.5\times, 2\times, 4\times, 10\times, 20\times, 40\times$ の計6個の対物レンズが装着されているものとする。

(2) ズームレンズ5によるズーム変倍は、 $1.00\times \sim 2.50\times$ までの範囲を $0.01\times$ 刻みで制御されるものとする。

(3) カメラヘッド8に内蔵される固体撮像素子(CMOS)は、横(X軸)方向の有効画素数(以降、IMNxと略す)が 1920 画素、縦(Y軸)方向の有効画素数(以降、IMNyと略す)が 1035 画素、横(X軸)方向の受光エリア長(以降、IMLxと略す)が 14.02 mm 、縦(Y軸)方向の受光エリア長(以降、IMLyと略す)が 7.56 mm とする。

【0024】(4)ステージ分解能はX軸方向(以降RSLxと略す)、Y軸方向(以降RSLyと略す)ともに $\pm 2\text{ }\mu\text{m}$ とし、原点座標(0, 0)はプレパラートの左上コーナとする。

【0025】(5)画像貼り合わせを確実に行うために必要なオーバラップ領域の画素数は、X軸方向(以降OVNxと略す)、Y軸方向(以降OVNyと略す)とともに 80 画素とする。

【0026】なお、上記条件値は、不図示のマイクロコンピュータ14の周辺回路である不揮発性メモリに格納される。従って、電源遮断後も値は保持されると共に、操作パネル16からの入力により任意に変更できる。

【0027】上記条件のもとで、標本全体像を構築するための処理を実行する。図3は標本全体像を構築するためのフローチャートを示している。オペレータは、標本の全体像を構築する場合、図2に示す操作パネル16において標本全体像の入力スイッチ31を押下することにより「第1の機能」を起動させる。

【0028】ステップS10の処理では、操作パネル16から入力した信号が標本全体像の入力スイッチ31が

押下されたことを示していることを認識すると、標準的なプレパラート(横 $75\text{ mm} \times$ 縦 26 mm)の縦横比(アスペクト比)と等価な矩形領域からなる擬似プレパラート图形33を操作パネル16の表示画面上に表示する。本例では、擬似プレパラート图形33を横 750 画素、縦 260 画素の大きさにしている。

【0029】オペレータは、操作パネル16に表示された擬似プレパラートの範囲内で一枚の画像に構築したい標本範囲を指定する。このため、画像形成すべき標本範

10 囲の左上(A点)及び右下(B点)の各点にカーソル37を移動してそれぞれマウス30の操作でクリック指定する。本例では、A点としてX座標(Xa) = 200、Y座標(Ya) = 50が指定され、B点としてX座標(Xb) = 500、Y座標(Yb) = 150が指定されたものとする。

【0030】ステップS11の処理では、マウス30の操作によるカーソル37にて指定されたA点及びB点の座標から擬似プレパラート图形33上における指定標本範囲を認識する。また、A点、B点の中間座標を通信装置17を介して顕微鏡制御ユニット19に通知して指定標本範囲を画像モニタ上で確認できるようにする。顕微鏡制御ユニット19は、指定標本範囲の中間座標が光軸位置へ移動するように標本ステージ2の移動量を決めてX方向及びY方向へ駆動する。

【0031】なお、上記した指定標本範囲の座標は、不揮発メモリに記憶されるので、ほぼ同一位置に標本が載せられる場合は、本処理を省略することができる。次に、ステップS12の処理では、X軸方向及びY軸方向の画像貼り合わせ枚数を算出する。今、図4(a)に示す指定標本範囲の全体を表示することが要求されているが、顕微鏡が一回で入力可能な範囲が限られていることから同図(b)に示すような複数の小区画(顕微鏡が一回の撮影で入力可能な範囲)に分割して、別々に小区画を顕微鏡で取り込み、各小区画の画像データを貼り合わせて1つの全体標本像(指定標本範囲)を形成することになる。

【0032】指定標本範囲の全体像を形成する場合は、観察倍率を極力低くし、焦点深度が深かつ広視野の画像を入力することが望ましい。したがって、レボルバ44に装着されている対物レンズの中から最低倍率の対物レンズの倍率を用いて貼り合わせ枚数を算出する。算出式を下式1に示す。

【0033】

【数1】

$$\left. \begin{aligned} JNMx &= \text{ceil} \left[\frac{DOMx}{\text{最低観察倍率の標本視野長 (X軸)}} \right] \\ JNMy &= \text{ceil} \left[\frac{DOMy}{\text{最低観察倍率の標本視野長 (Y軸)}} \right] \end{aligned} \right\} \cdots \text{式1}$$

$DOMx$ は、X軸方向の指定観察領域長

$DOMy$ は、Y軸方向の指定観察領域長

$JNMx$ は、X軸方向の貼り合わせ枚数（正の整数値）

$JNMy$ は、Y軸方向の貼り合わせ枚数（正の整数値）

$\text{ceil}(X)$ は、Xを下回らない最小整数を意味する。

なお、最低観察倍率の標本視野長は、標本視野長と観察倍率 (MAG) を示す下式により求まる。 * 【0034】 * 【数2】

$$SPLx = \frac{IMLx}{MAG} \quad [\text{mm}] \quad SPLy = \frac{IMLy}{MAG} \quad [\text{mm}] \quad \cdots \text{式2}$$

$SPLx$ は、X軸方向の標本視野長

$SPLy$ は、Y軸方向の標本視野長

【0035】したがって、本例では、 $JNMx = 3$ 、 $JNMy = 2$ となる。ステップS13の処理では、上記ステップS12の処理で求めた貼り合わせ枚数 $JNMx$ 、 $JNMy$ で算出される小区画の標本画像を入力するための観察倍率を算出する。

【0036】X軸方向またはY軸方向に隣接する小区画の画像を貼り合わせる場合、隣接する小区画間でオーバラップ領域を確保する必要がある。したがって、図4 ※

* (c) に示すように各小区画を点線で示す範囲まで拡大して、この拡大した小区画を取り込むための観察倍率を求めることになる。小区画の画像を貼り合わせる場合、隣接する小区画間でオーバラップ領域を確実に確保するための小区画長は下式3により求める。

【0037】

【数3】

$$\left. \begin{aligned} BLKx &= \frac{IMNx}{IMNx - 2(OVNx)} \times \left[\frac{DOMx}{JNMx} + |RSL| \times 2 \right] \\ BLKy &= \frac{IMLy}{IMLx} \times BLKx \end{aligned} \right\} \cdots \text{式3}$$

$BLKx$ は、オーバラップ領域を確実に確保するための小区画のX軸長

$BLKy$ は、オーバラップ領域を確実に確保するための小区画のY軸長

【0038】式3により求めた $BLKx$ を $SPLx$ に代入し、 $BLKy$ を $SPLy$ に代入することにより、式2より必要な観察倍率が求まる。なお、対象領域のアスペクト比は、撮像素子の受光エリアのアスペクト比と必ずしも一致しないので、X軸またはY軸のどちらかを観察倍率算出のための座標系として選択する必要がある。本例においては、対象領域が横長の指定となっているのでX軸を該座標系として選択する。また、Y軸を使用して計算する場合はサフィックスxとyを置き換えた式とな

る。

【0039】本例では、 $BLKx$ は約10.914m、 $BLKy$ は約5.885mmとなり、観察倍率は約1.284倍となり、1.25倍の対物レンズ、ズーム倍率1.02倍が決定される。

【0040】次に、ステップS14の処理において、上記各小区画毎に画像の取り込みを実行する。図4 (c) に点線で示すように分割した各小区画を撮影するため、例えば指定標本範囲の左上コーナーの小区画から順

に各小区画の中心座標が観察光軸位置に一致するように標本ステージ2を移動させる。小区画の中心座標は下式4により求められる。

*

* 【0041】
【数4】

$$\begin{aligned} X\text{座標値 } (P_x) &= X_a + \left[\frac{X_b - X_a}{JNM_x} \times \frac{1}{2} \right] + (n-1) \times \frac{X_b - X_a}{JNM_x} \\ Y\text{座標値 } (P_y) &= Y_a + \left[\frac{Y_b - Y_a}{JNM_y} \times \frac{1}{2} \right] + (m-1) \times \frac{Y_b - Y_a}{JNM_y} \end{aligned} \quad \cdots \text{式4}$$

nは1～JNMxの値をとる整数値

mは1～JNMyの値をとる整数値

Xa, Ya, Xb, Ybは、ステージ座標の単位 [mm]

【0042】この顕微鏡システムは、図5のフローチャートに基づいて、各小区画の中心座標 (P_x, P_y) の算出及び各小区画へのステージ駆動を繰り返すことにより上記各小区画毎に画像の取り込みを実行する。指定標本範囲の左上コーナーから順に各小区画の中心座標 (P_x, P_y) を算出し、この算出した小区画の中心座標を通信装置17から顕微鏡制御ユニット19へ通知し、顕微鏡制御ユニット19から標本ステージ2を駆動することにより小区画の中心座標に観察光軸を一致させる。このとき視野範囲になっている小区画をカメラヘッド8で撮影し、その画像データをフレームメモリ11へ転送する。そして、フレームメモリ11に格納された各小区画の画像データを画像情報メモリ15に格納する。同様の動作を右下コーナーの小区画の撮影が完了するまで繰り返す。

【0043】本例では、標本ステージ2の中心座標を(2.5 mm, 7.5 mm)、(3.5 mm, 7.5 mm)、(4.5 mm, 7.5 mm)、(2.5 mm, 12.5 mm)、(3.5 mm, 12.5 mm)、(4.5 mm, 12.5 mm)の順に移動し、各区画画像を画像情報メモリ15に取り込むことになる。この結果、画像情報メモリ15には図4(c)に斜線領域で示すように互いに隣接区画間で一部オーバーラップした小区画画像が格納※

※されたことになる。

【0044】ステップS15の処理では、画像情報メモリ15に取り込まれた小区画の画像を張り合わせて指定標本範囲の全体像を形成する。図6は画像貼り合わせに係るフローチャートを示している。

20 【0045】今、図7に示すように、同一観察倍率で横方向に互いにオーバーラップ領域を有する左側画像（以後L画像と称す）と右側画像（以後R画像と称す）が画像情報メモリ15に格納されているものとする。

【0046】画像を貼り合わせるために、左右画像のずれを検出するために相関演算（マッチング）が必要となる。図8はオーバーラップ領域に設定したサーチエリアLA1, LA2及びRA1, RA2と、サーチエリア内ですれ検出のために使用するテンプレートブロックLB1, LB2及びRB1, RB2を示している。

30 【0047】ステップS21の処理では、L画像上方に設けられるサーチエリアLA1内において、コントラストの高い部分を所定のブロックサイズ（例えば16×16画素）を使って検索する。なお、コントラストの高低の判定は、下式5による。

【0048】

【数5】

$$\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |D - \bar{D}(x, y)|}{N \times M} \geq D \times R (\%) \quad \cdots \text{式5}$$

 \bar{D} は、ブロック内の画素値の平均値（正の整数値）

D(x, y)はブロックの左上を原点とした画素数（正の整数値）

NはブロックのX方向の画素数

MはブロックのY方向の画素数

Rはコントラストの高低の判定条件値

【0049】つまりサーチエリアLA1内において、ブロック内の平均偏差が平均値に対して、R(%)以上で

あればコントラストが高いと判断し、相関演算（マッチング）のためのテンプレートブロックLB1として決定

する。

【0050】次に、ステップS22の処理において、L画像下方に設けられるサーチエリアLA2において、ステップS21の処理と同様の計算式によりコントラストの高い部分を検索し、テンプレートブロックLB2として決定する。

【0051】そして、ステップS23の処理にて、テンプレートブロックLB1とLB2の位置関係(相対距*

*離)を保った状態で、L画像と同様にR画像に設けられているオーバラップ領域内のサーチ領域RA1, RA2内の2ヶ所のブロック相関演算を行い、相関の高いブロック位置を対応点として検出する。なお、相関の有無の判定は、下式6による。

【0052】

【数6】

$$\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{M-1} |LD(x, y) - RD(x, y)|}{N \times M} \leq N \times M \times Q (\%)$$

即ち、

$$\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{M-1} |LD(x, y) - RD(x, y)| \leq Q (\%) \quad \cdots \text{式6}$$

LD(x, y) は L 画像のテンプレートブロックの左上を原点とした画素数

(正の整数値)

RD(x, y) は R 画像のブロックの左上を原点とした画素数(正の整数値)

Q は 相関の判定条件

【0053】つまり、L画像上方のテンプレートブロックLB1とR画像上方のブロックRB1、L画像下方のテンプレートブロックLB2とR画像下方のブロックRB2の各々において、ブロック内の差分の平均値がブロック画素数のQ(%)以下の場合に、相関があると判定※

※し、対応点として決定する。続いて、ステップS24の処理にて、L画像とR画像の対応ブロック位置関係により、平行移動量を下式により算出する。

【0054】

【数7】

$$\left. \begin{aligned} \text{平均移動量 } (X, Y) &= (XR1, YR1) - (XL1, YL1) \\ &\quad \text{又は} \\ &= (XR2, YR2) - (XL2, YL2) \end{aligned} \right\} \cdots \text{式7}$$

(XR1, YR1) は、R 画像上方の対応点ブロック座標値

(XR2, YR2) は、R 画像下方の対応点ブロック座標値

(XL1, YL1) は、L 画像上方のテンプレートブロック LB1 の座標値

(XL2, YL2) は、L 画像下方のテンプレートブロック LB1 の座標値

【0055】なお、顕微鏡の標本ステージ2は、X軸ならびにY軸の両方向に移動ガイドが設けられているので、直進性が確保されており、回転方向のズレは考慮する必要はない。

【0056】最後に、ステップS25の処理にて、上記ステップS24の処理にて得られた平行移動量に基づいてL画像とR画像の合成を行う。このときに、オーバラップ領域に適切な補間演算を行い、L画像とR画像の画素値の違いによる画像の不連続を解消する。補間演算方法としては、ヒストグラム一致法、線形濃度変換法、平均濃度差補正法といった種々の演算方法がある。詳細は、例えば、画像解析ハンドブック(東京大学出版)の463~465ページに記載されている。

【0057】そして、Y軸方向のずれによりL画像とR

画像が不連続となる領域を削除してL画像とR画像についての画像貼り合わせ処理を完了する。上記した説明では、図7に示すL画像とR画像についての画像貼り合わせ処理であるが、実際には図4(c)に示すように分割

40 されているのでX軸方向及びY軸方向について隣接する各小区画間でそれぞれ同様の画像貼り合わせ処理を実行することになる。貼り合わされた指定標本範囲の全体像の画像データは画像情報メモリ15に格納される。

【0058】なお、貼り合わせた結果を確認する場合は、適当な間隔で貼り合わせ画像を間引き処理することにより、フレームメモリ11を介して、画像モニタ13に表示させることにより行う。また、高速化あるいは高精度化の為に隣接画像の対応点を検出するためのブロック数、及びブロック画素数を可変にできるといったこと

は当然のこととする。

【0059】次に、現在の観察画像に対して同じ領域をより高解像に画像形成するための上記第2の機能について説明する。図9は第2の機能を実現するための処理内容を示すフローチャートである。処理概要としては、現在の観察倍率より高倍率な観察倍率を用いて、複数枚の画像を入力し貼り合わせ処理で繋ぎ合わせることにより高解像な画像を形成するといったものである。

【0060】先ず、ステップS31の処理では、X軸方向の最小の貼合せ枚数としてJNM_x=2、Y軸方向の最小の貼合せ枚数としてJNM_y=2を設定する。最小の貼合せ枚数の入力は固定情報として予め情報としてメモリに持たせておき、JNM_x (JNM_y)を3以上にしたいときだけオペレータから入力するようにしても良い。

【0061】次に、ステップS32の処理では、JNM_x (JNM_y)=2を式3に代入することによりオーバーラップ領域を確実に確保した小区画領域の小区画長(BLK_x, BLK_y)を算出する。さらに、ステップS33の処理において、BLK_x, BLK_yを式2に代入することによりX軸方向及びY軸方向の標本視野長と観察倍率との関係に基づいて、JNM_x (JNM_y)=2とした場合、すなわち貼合せ枚数を2枚としたときの観察倍率MAGを算出する。

【0062】ステップS34で算出される観察倍率MAGが顕微鏡に設定可能な最高倍率(MAX)を越えるまで、JNM_x (JNM_y)の値を順次インクリメントしてステップS32～ステップS34の処理を繰り返す(S35, S36)。

【0063】ステップS37の処理においては、設定貼り合せ枚数に応じた観察倍率MAGが最高倍率(MAX)を越えたならば、観察倍率MAGが最高倍率(MAX)を越える直前の貼り合せ枚数(JNM_x, JNM_y)を最大貼り合せ枚数として、最小貼り合せ枚数から最大貼り合せ枚数までの範囲を選択可能な貼り合せ枚数として操作パネル16に表示させる。

【0064】ある観察倍率での顕微鏡の観察視野が上記した指定標本範囲に相当するものとなるので、当該観察視野の分割数を増加するのに応じて各小区画を入力するときの観察倍率が高くなり貼り合わせにより形成される画像は高解像なものになる。

【0065】具体的に説明すると、現在の観察倍率が1.5倍(対物レンズ倍率=10倍×ズーム倍率1.50倍)であるとする。また、前述の式5より現在観察中の標本視野は、X軸方向が0.934mm、Y軸方向が0.504mmとなっている。本例での最高観察倍率は100倍(対物レンズ倍率=20倍×ズーム倍率2.50倍)であるので、上記の現在観察中の標本視野における貼り合わせのためのオーバーラップ領域を考慮した小区画は、前述の式5及び式6より、最高の貼り合せ枚数

が7×7枚で観察倍率が約9.6倍となる。従って、本例においては、2×2枚～7×7枚までの画像貼り合わせが可能となる。

【0066】観察者は、操作パネル16上で希望する分割数を選択可能な貼り合せ枚数の中から選択する。例えば、希望する貼り合せ枚数の表示位置にカーソル37を移動してマウス30でクリックすることにより選択貼り合せ枚数を入力する。マイクロコンピュータ14は、操作パネル16上で選択可能な貼り合せ枚数を一覧表示して選択貼り合せ枚数の入力を受け付ける(ステップS38)。

【0067】ステップS39の処理では、観察から入力された貼り合せ枚数から上記計算した観察倍率MAGを決定する。ステップS40の処理では、前述した図3に示すフローチャートのステップS14と同様にして画像情報メモリ15の画像データを貼り合わせて高解像の画像を形成する。

【0068】次に、貼り合わせ画像を形成する各小区画を画像入力するときのAF動作のための第3の機能について説明する。図10は第3の機能を実現するための処理内容を示すフローチャートである。

【0069】上記した第1の機能または第2の機能により、標本の観察範囲及び貼り合せ枚数が決定し(ステップS51)、観察倍率が算出されて顕微鏡の倍率制御が成されたものとする(ステップS52)。そして、入力すべき小区画の中心座標と観察光軸とが一致するように標本ステージ2がステージ移動される(ステップS53)。

【0070】AF動作に関連する部分は、ステップS53～S58処理の部分である。ステップS54の処理では、該座標の画像入力を行う前にピント合わせの為、通信装置17よりAF制御指示が顕微鏡制御ユニット19に送出され、顕微鏡制御ユニット19にて合焦制御が実施される。

【0071】先ず、AF用ビームスプリッタ25を光路に対して導入し、ピント検出用受光素子26に標本像を導く。そして、ピント検出用受光素子26から得られる映像信号に基づいて合焦評価演算を実施し、合焦状態を検出すべく標本ステージ2を光軸方向に移動することによりピント合わせ動作を実施する。

【0072】上記合焦制御の結果、ピント合わせ動作に成功した場合は、「AF制御成功」失敗した場合は「AF制御失敗」を通信装置17を介してマイクロコンピュータ14に通知し、AF用ビームスプリッタ25を光路から外すことにより合焦制御動作が完了する。

【0073】次に、ステップS55処理では、AF制御結果の判定がなされ、「AF制御成功」の場合は、ステップS59の画像入力処理へ移行する。また、「AF制御失敗」の場合は、ステップS56の処理へ移行してAF失敗警告処理へ分岐する。ステップS56処理では、

図11に示す警告画面を操作パネル16に表示し、不図示の焦準ハンドル操作にて、手動でピント合わせを行った(S57処理)後、OKボタン50を押下する(S58処理)ことにより、AF制御成功の場合と同様にS59の画像入力処理へ分岐する。

【0074】従って、全体にピントが合った貼り合わせ画像が形成でき、かつ観察視野中央近傍に標本が存在しないことによる合焦不能といった場合でも、適切なピント補正が可能である。

【0075】次に、顕微鏡画像が正立像か倒立像かといった違いにより画像貼り合わせの処理を変更する第4の機能について説明する。図12に正立像(標本像)および倒立像の関係を示している。倒立像は、標本像を180度回転した画像となっている。

【0076】今、上記した第1の機能を使って、図13(a)の各小区画の画像を図中の点線矢印の順序で画像入力したとする。正立像の場合は、画像入力順序に従っ*

正立像の場合……Area(i)に対応する画像は、Img(i)

倒立像の場合……Area(i)に対応する画像は、Img(N-i+1)

…式8

iは、1から始まる画像の取り込み順序番号(最大値N)を表す。

Nは、入力画像枚数を表す。

【0080】なお、カメラヘッド8に入射する標本像が倒立像であるのか又は正立像であるのかといった設定は、操作パネル16に対する観察者からの指示入力によって行われ、その設定内容は不揮発メモリに記憶されるものとする。したがって、電源遮断後もその設定内容は保持される。

【0081】以上の説明では、画像のオーバラップ領域を確実に確保するために、観察倍率を低めに決定していたが、ステージの移動距離を少なめにすることにより実現することも可能である。

【0082】例えば、10倍の観察倍率のX軸方向の標本視野長は、1.402mmであるが、ステージ移動距離をX軸方向に1.340mmとすれば、本例で示したオーバラップ領域を確保することができるといった具合である。

【0083】また、カメラヘッド部にRGBの回転フィルタ機構を設け、単板の撮像素子でカラー画像を入力することも可能である。また、貼り合わせにより形成した画像を、フロッピーディスク、光磁気ディスク、光カードといった着脱可能な媒体に格納できるといったことは当然のこととする。

【0084】また、貼り合わせ処理アルゴリズムにおいて、オーバラップ領域を活用して繋ぎ合わせることを特徴とする他の公知アルゴリズムを適用できることも当然のこととする。

【0085】また、本発明の顕微鏡システムにおいては視野の選択及び焦点合わせには、対物レンズを駆動する

*で隣接する小区画の画像貼り合わせを実施すると、貼り合わせ結果は、図13(a)と同様になり問題はない。

【0077】ところが、倒立像について正立像と同様の手順によって画像貼り合わせを実施すると、貼り合わせ結果は図13(b)のようになってしまい、標本像と異なった画像が形成される。しかも、貼り合わされた画像は、各小区画の端部領域が連続しておらず、重複領域を活用した画像貼り合わせは、不可能である。

【0078】第4の機能は、各小区画Area(i)と10入力画像Img(i)の関係を正立像と倒立像に応じて場合分けを行い、前述の貼り合わせ処理を実行することにより、目的とする貼り合わせ画像を形成するものである。すなわち、図13(c)に示すような倒立像の貼り合わせ結果を得るために、下記関係式8を用いて各小区画画像の貼り合せ位置を決定する。

【0079】

【数8】

ようにもしても良い。以上、実施の形態に基づいて本発明について説明してきたが、本発明は以下の発明を含む。

【0086】請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の顕微鏡システムにおいて、顕微鏡画像が正立像か倒立像かに応じて、前記各小区画の画像情報の貼り合わせ位置を変更することを特徴とする。本発明によれば、顕微鏡画像が正立像か倒立像かといった仕立てによらず、貼り合わせ手段により広画角あるいは高解像な顕微鏡画像を形成できる。

【0087】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、通常の光学顕微鏡を使用して、特別な撮像素子ならびに光学系を用いずに、高精彩及び広画角な顕微鏡画像を容易に形成することができる顕微鏡システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る顕微鏡システムの全体構成図である。

【図2】上記実施の形態の顕微鏡システムに備えた操作パネルの外観図である。

【図3】上記実施の形態において標本全体像の形成手順を示すフローチャート図である。

【図4】標本範囲に設定した小区画とオーバーラップ領域との関係を示す図である。

【図5】上記実施の形態において小区画中心座標の算出から画像入力までの処理を示すフローチャートである。

【図6】上記実施の形態における画像貼合せの手順を示すフローチャート図である。

【図7】画像貼り合わせ対象の2枚の画像の重複領域を模式的に示した図である。

【図8】画像貼り合わせにおける処理領域を模式的に示した図である。

【図9】上記実施の形態における高解像の画像形成のためのフローチャートである。

【図10】上記実施の形態における各小区画画像入力時のA F動作の内容を示すフローチャートである。

【図11】A F動作失敗時の警告画面を示す図である。

【図12】正立像と倒立像を示す図である。

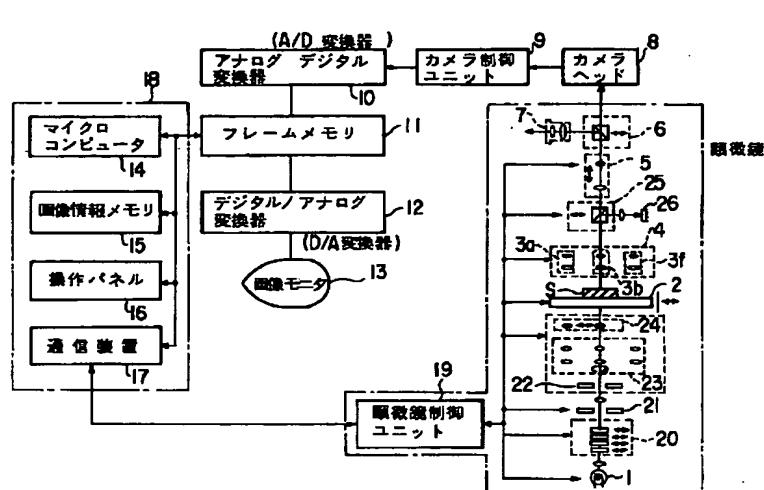
【図13】小区画に分割した正立像と倒立像の関係を模式的に示した図である

【符号の説明】

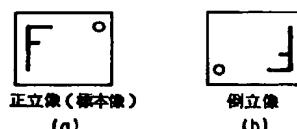
1…透過照明用光源、2…標本ステージ、3 a～3 f…

対物レンズ、S…標本、4…レボルバ、5…ズームレンズ、6…ビームスプリッタ、7…接眼レンズ、8…カメラヘッド、9…カメラ制御ユニット、10…A/D変換器、11…フレームメモリ、12…D/A変換器、13…画像モニタ、14…マイクロコンピュータ、15…画像情報メモリ、16…操作パネル、17…通信装置、18…画像処理部、19…顕微鏡制御ユニット、20…透過フィルタユニット、21…透過視野絞り、22…透過開口絞り、23…コンデンサ光学素子ユニット、24…コンデンサトップレンズユニット、25…ビームスプリッタ、26…ピント検出用受光素子、30…マウス、31…標本全体像入力スイッチ、33…疑似プレパラト图形。

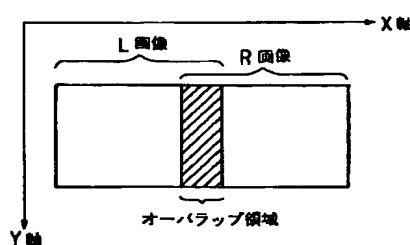
【図1】



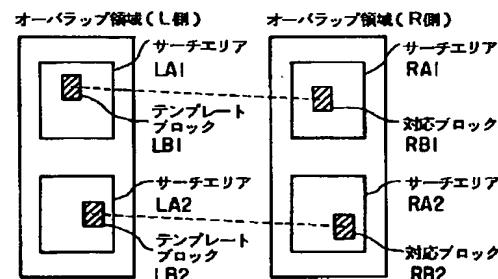
【図12】



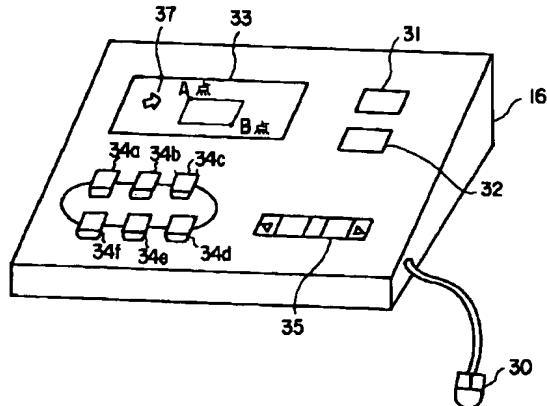
【図7】



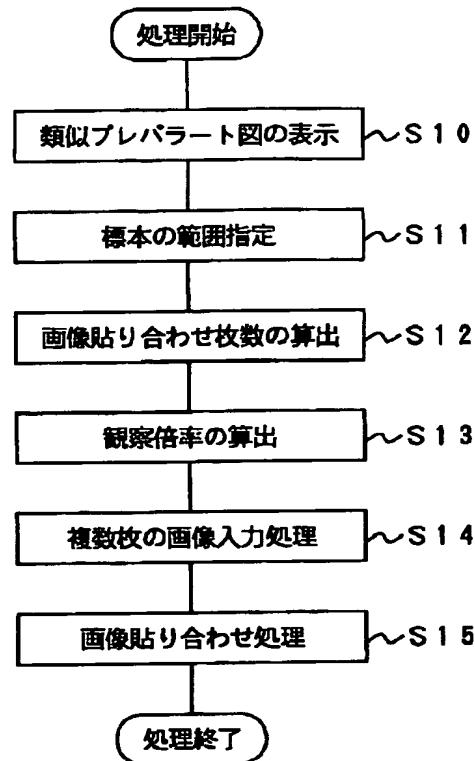
【図8】



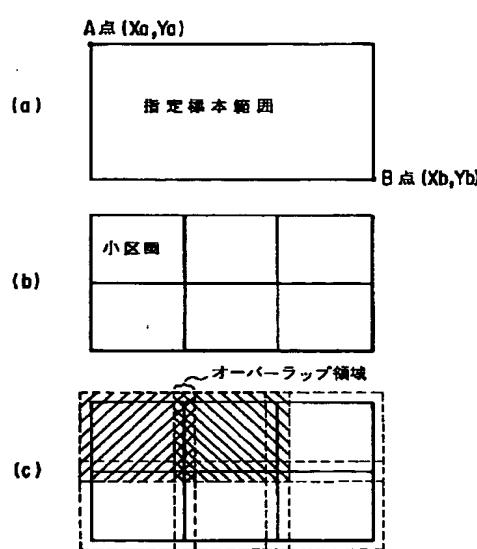
【図2】



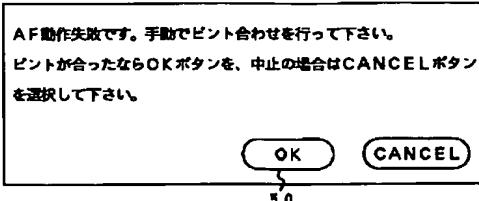
【図3】



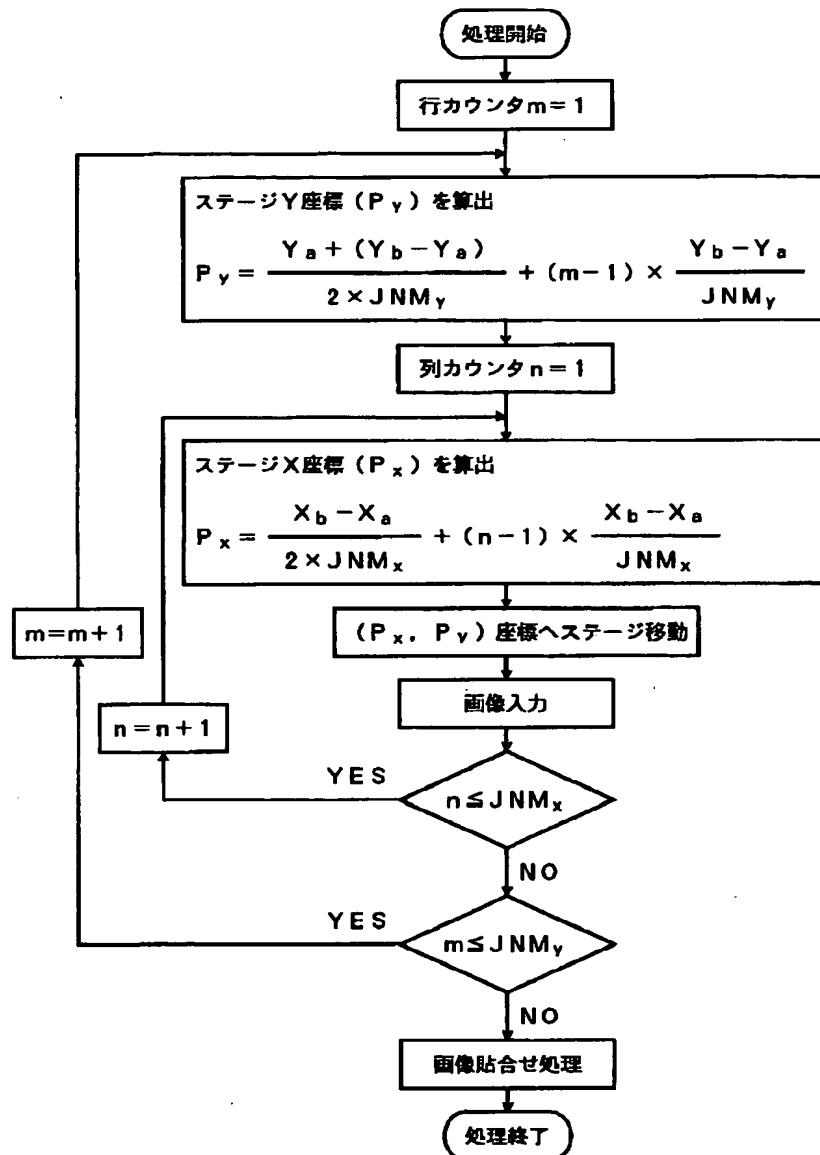
【図4】



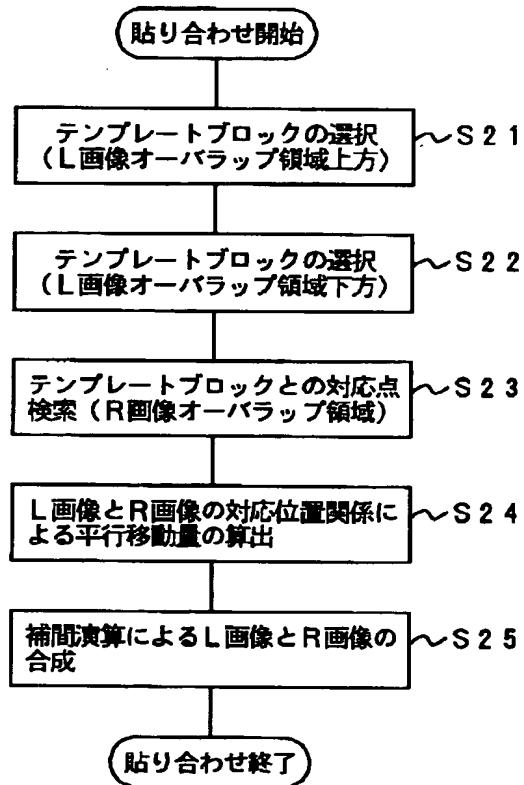
【図11】



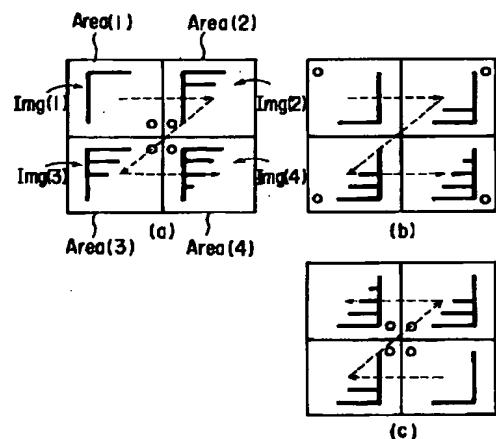
【図5】



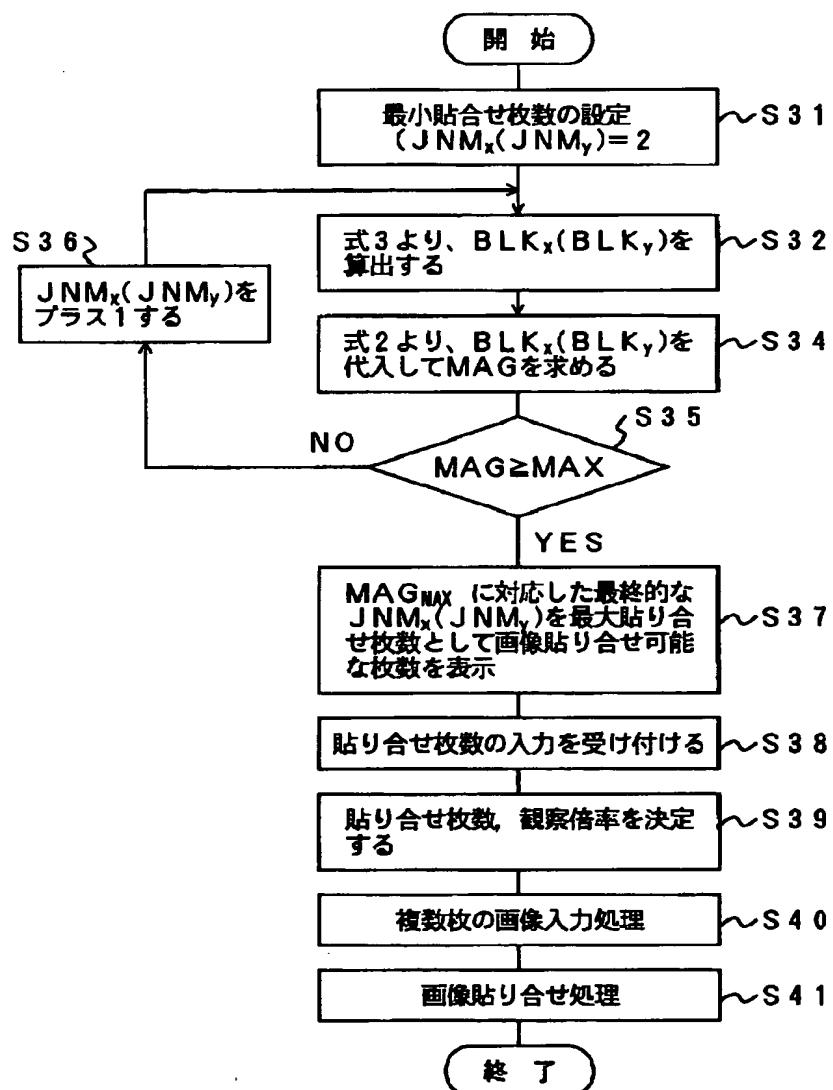
【図6】



【図13】



【図9】



【図10】

